



Completed

[Export File](#)


1 / 1 PLUSPAT - ©QUESTEL-ORBIT - image

Patent Number :**DE19716071 A1 19971106 [DE19716071]****Title :**

(A1) Monitoring of crosslinking progress in filled and reinforced thermosetting plastics

Other Title :

(A1) Verfahren zur Überwachung des Aushärtungsvorgangs von Kunststoffen

Patent Assignee :

(A1) INST VERBUNDWERKSTOFFE GMBH (DE)

Inventor(s) :

(A1) WANG XIAOMING (AU); KISSINGER CHRISTIAN (DE); EHLERS CLAUS (DE); NEITZEL MANFRED (DE)

Application Nbr :

DE19716071 19970417 [1997DE-1016071]

Priority Details :

DE19716071 19970417 [1997DE-1016071]

Intl Patent Class :

(A1) B29C-035/00 G01N-033/44

EPO ECLA Class :

B29C-035/02R
 G01N-029/12
 G01N-033/44

EPO ICO Class :

S01N-291/01D
 S01N-291/025B

Document Type :

Basic

Publication Stage :

(A1) Doc. Laid open (First publication)

Abstract :

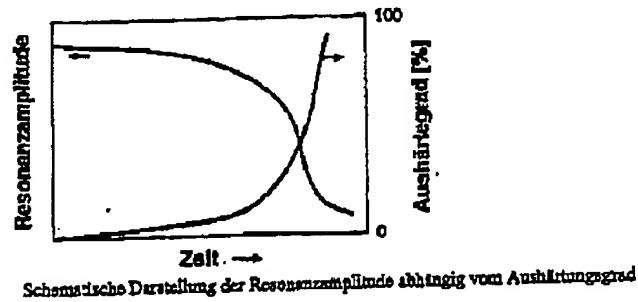
A method for monitoring the hardening stage of reinforced, filled, unreinforced or non-filled plastics uses a transducer which is embedded in the material and can be both mechanically vibrated and also measure the resulting material damping and the variation of this characteristic and relates the result to the degree of hardening. The transducer can remain in the material to measure changes during use.

IMG - (C) Questel-Orbit

RECEIVED

DEC 09 2002

TC 1700



Top

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 197 16 071 A1

⑯ Int. Cl. 6:
B 29 C 35/00
// G01N 33/44

DE 197 16 071 A1

⑯ Aktenzeichen: 197 16 071.9
⑯ Anmeldetag: 17. 4. 97
⑯ Offenlegungstag: 6. 11. 97

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑯ Anmelder:

Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, 67663
Kaiserslautern, DE

⑯ Erfinder:

Neitzel, Manfred, 67663 Kaiserslautern, DE; Ehlers,
Claus, 69469 Weinheim, DE; Kissinger, Christian,
66955 Pirmasens, DE; Wang, Xiaoming, Sydney, AU

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

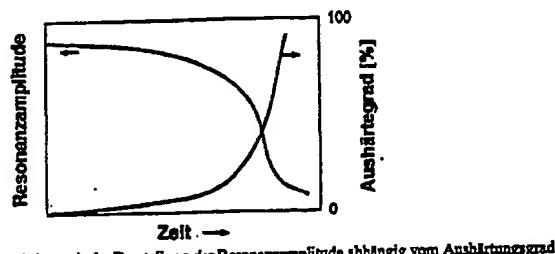
⑯ Verfahren zur Überwachung des Aushärtungsvorgangs von Kunststoffen

⑯ Verfahren zur Überwachung des Verarbeitungsprozesses und des Aushärtungsvorgangs von verstärkten, gefüllten, unverstärkten oder ungefüllten Kunststoffen mittels lokaler Einbringung eines Aktor/Sensors. Die spätere Bauteilüberwachung im Betrieb ist möglich.

Für die Aushärtungsüberwachung von duromeren Kunststoffen und ihren Verbundwerkstoffen existieren verschiedene Meßmethoden. Keines der Verfahren ermöglicht eine uneingeschränkte integrierte Prozeßüberwachung bei der Verarbeitung von verstärkten, gefüllten, unverstärkten oder ungefüllten Kunststoffen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden diese Probleme vermieden.

Durch Verwendung von flächigen Aktoren/Sensoren, die vorzugsweise aus piezoelektrisch aktivem Werkstoff bestehen können, wird die Veränderung der Materialdämpfung des den Aktor/Sensor umgebenden Materials erfaßt. Ausgewertet wird hierbei die Frequenzantwort eines vorteilhaft in dem Bereich seiner Resonanzfrequenz betriebenen Wandlers und die Veränderung der Resonanzfrequenz. Hierbei besteht eine sehr gute Korrelation der Meßergebnisse zu dem Aushärtungszustand des zu beobachtenden Materials (siehe Figur 2).

Das Verfahren ermöglicht eine material- und prozeßunabhängige Verarbeitungs- und Aushärtungsüberwachung von verstärkten, gefüllten, unverstärkten oder ungefüllten Kunststoffen. Durch den Verbleib des Aktor/Sensors im Bauteil kann darüber hinaus eine Bauteilüberwachung im Betrieb erfolgen und somit ist es erstmals möglich, von der Entstehung bis zum ...



DE 197 16 071 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09.97 702 045/908

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein neuartiges Verfahren mit dem es ermöglicht wird, durch lokale Applikation oder Einbringung eines flächigen Aktor/Sensors den Verarbeitungsprozeß und den Aushärtevorgang von duromeren Kunststoffen zu überwachen und durch Verbleib des Aktor/Sensors im Material auch eine Bauteilüberwachung im Betrieb vorzunehmen.

Im Rahmen der Qualitätssicherung während der Herstellung von Bauteilen aus duromeren Kunststoffen kommt der Überwachung des Verarbeitungsprozesses eine bedeutende Rolle zu. Für den Aufbau eines Prozeßreglers ist daher ein Beobachter notwendig, welcher zuverlässig den Prozeßablauf in allen Teilschritten verfolgen kann. Im Laufe des Verarbeitungsprozesses von duromeren Kunststoffen ändern sich deren elektrische, mechanische, chemorheologische und optische Eigenschaften. Diese Veränderungen können u. a. mit den im folgenden angesprochenen Meßmethoden qualitativ und quantitativ erfaßt werden. Einen Überblick zu den möglichen Methoden geben (Halley, P. J. et al.: Chemorheology of Thermosets – An Overview; Polymer Engineering and Science, Vol. 36 No. 5, pp. 503–609, 1996) und (Mijovic, J. et al.: Present and Future Trends in "IN-SITU" Monitoring of Processing of Advanced Composites; SAMPE Journal, Vol. 28 No. 5, pp. 39–46, 1992). Die Dielektrizitätsmessung, bei der eine Veränderung der elektrischen Eigenschaften des Kunststoffes erfaßt wird, ist weltweit verbreitet. Folgende Autoren berichten umfassend zu dieser Thematik (Stöger, M.: Dielektrische Vernetzungsüberwachung zur Kontrolle und Optimierung duromerverarbeitender Prozesse, Aachener Beiträge zur Kunststoffverarbeitung, Band 14, 1993), (Shepard, David D. et al.: Applications of Dielectric Analysis for Cure Monitoring and Control in the Polyester SMC/BMC Molding Industry; Proceedings of the 49th Annual Conference of the Composites Institute SPE, pp. 18-D/S. 1–5, 1994) und (Stark, W.: Dielektronometrie – Online Zykluszeitoptimierung, Tagungsband der 8. Int. Duroplasttagung Würzburg, 1996). Die Veränderung der optischen Eigenschaften duromerer Kunststoffe und deren meßtechnische Erfassung werden unter anderem von (Roberts, S.S. et al.: Cure and fabrication monitoring of composite materials with fibre-optic sensors; Composites Science and Technology, Vol. 49 No. 3, pp. 265–276, 1993) und (Zimmermann, B. et al.: Fiber Optic Sensors for Composite Cure Monitoring; SME Technical Paper EM92-116, 1992) behandelt.

Eine Veränderung der mechanischen Eigenschaften des Kunststoffes während seiner Verarbeitung nutzt das Verfahren der Mechanischen Impedanz Analyse (Jang, B.Z. et al.: Real Time Cure Monitoring of Composite Structures Using the Techniques of Mechanical Impedance Analysis; Polymer Composites, Vol. 12 No. 1; pp. 66–74, 1991). Hierbei wird eine extern in Schwingungen versetzte stiftförmige Sonde von außen in den zu verarbeitenden duromeren Kunststoff eingetaucht und dessen Kraftfunktion und Beschleunigungen gemessen. Durch eine Fast Fourier Transformation (FFT) kann dann im Impedanzspektrum die Resonanzfrequenz ermittelt werden. Eine Veränderung dieser Resonanzfrequenz korreliert mit der zunehmenden Aushärtung des duromeren Kunststoffs. Nachteilig an diesem Verfahren ist zum einen der notwendige externe Zugriff auf das Material, die ausschließlich lokale Messung und die Tatsache, daß nur die Aushärtung des Kunststoffs meßbar ist. Weitere Prozeßteilschritte sind nicht erfaßbar. Für

die meisten Verarbeitungsverfahren von verstärkten, gefüllten, unverstärkten oder ungefüllten Kunststoffen ist diese Methode daher nicht einsetzbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der oben genannten Art zu entwickeln, bei dem die bisherigen Nachteile der Mechanischen Impedanz Analyse ausgeglichen werden und eine vollständige Prozeßüberwachung bei der Verarbeitung von verstärkten, gefüllten, unverstärkten oder ungefüllten Kunststoffen möglich wird.

Zur Lösung dieser Aufgabe führt ein Verfahren, mit welchem lokal ein gleichzeitig als Sensor agierender flächiger Aktor in den zu verarbeitenden Kunststoff eingebracht wird. Dieser flächige Aktor/Sensor kann beispielsweise aus einem piezoelektrischen Material bestehen. Wird dieses piezoelektrische Material mit einer elektrischen Spannung beaufschlagt, so ändert er in seinen Vorzugsrichtungen seine geometrische Gestalt. Diese Gestaltsänderung ist in Fig. 3 für einen planaren Wandler dargestellt. Dessen elektrischer Anschluß kann durch feine Drähte oder durch Verwendung von Kohlenstofffasern erfolgen. Der Wandler kann durch das Anlegen einer veränderlichen Spannung somit zu mechanischen Schwingungen angeregt werden (Aktorbetrieb) und nach Beendigung des Aktorbetriebs als Sensor die Rückkopplung aus seiner Umgebung erfassen. Während der Verarbeitung des flüssigen oder streichfähigen Kunststoffes umschließt dieser den Aktor/Sensor und im Laufe der Aushärtung wandelt sich der Kunststoff von seinem Ausgangszustand in einen Festkörper um. Diese Berührung mit dem Kunststoff als auch die mechanische Veränderung des den Aktor/Sensor umgebenden Materials spiegelt sich in dem Antwortsignal seiner Übertragungsfunktion wider. Dieser Effekt tritt besonders deutlich in dem Bereich der Resonanzfrequenz des Aktor/Sensor und dessen Veränderung auf.

Ein Auswertungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 1 aufgeführt und wird im folgenden näher beschrieben. Dargestellt ist die Frequenzantwort eines planaren integrierten piezoelektrischen Aktor/Sensor, wobei die Bereiche 1 und 2 mit der größten Amplitudenänderung ausgewiesen sind. Deutlich zu erkennen ist der Einfluß des den Wandler umgebenden flüssigen Kunststoffs und dessen zunehmende Aushärtung. Der Einfluß des Aushärtgrades auf die Signalantwort des Aktor/Sensors ist in Fig. 2 schematisch dargestellt. Mit zunehmendem Aushärtgrad sinkt das Meßsignal. Dies zeigt die Funktionsfähigkeit der beschriebenen Erfindung und seine Einsatzmöglichkeit zur Prozeßüberwachung bei der Verarbeitung von verstärkten, gefüllten, unverstärkten oder ungefüllten Kunststoffen. Bei Injektionsverfahren zur Verarbeitung von verstärkten, gefüllten, unverstärkten oder ungefüllten Kunststoffen kann mit dieser Erfindung sowohl eine Fließfronterkennung, die Fließfrontgeschwindigkeit als auch der Aushärtvorgang gemessen werden. Nach der Verarbeitung verbleibt der Wandler in dem Bauteil und kann zur Strukturüberwachung und -beeinflussung genutzt werden (siehe auch Gandhi, M.V. et al.: Smart Materials and Structures; Chapman & Hall, London 1992).

Die Vorteile der beschriebenen Erfindung gegenüber herkömmlichen Verfahren bestehen insbesondere in der umfassenden Möglichkeit, alle Prozeßteilschritte zu beobachten, der universellen Verwendbarkeit bei allen bekannten Verfahren zur Verarbeitung von duromeren Kunststoffen (Injektionsverfahren, Laminierverfahren, Wickeltechnik, Autoklavverfahren, Preßverfahren, Klebeverfahren) und der sehr guten Auflösung/Reprodu-

zierbarkeit (Fig. 3). Die beschriebene Erfindung ist darüberhinaus besonders kostengünstig zu realisieren und ermöglicht eine erhebliche Reduzierung der Zykluszeiten bei der Verarbeitung von duromeren Kunststoffen, da eine Entformung des Bauteils nach erfolgter Aushärtung durch die meßtechnische Erfassung wesentlich früher erfolgen kann. Darüberhinaus wird eine kontinuierliche Kontrolle von der Entstehung bis zum Betrieb des Bauteils mit nur einem Aktor/Sensor erstmals ermöglicht.

5

10

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung des Aushärtevorgangs von verstärkten, gefüllten, unverstärkten oder ungefüllten Kunststoffen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Aktor/Sensor in das Material eingebracht wird, der die Materialdämpfung dieses Materials und dessen Änderung, da sie in direkter Beziehung zum Aushärtegrad steht, erfaßt und in dem Material verbleibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch den eingebrachten Aktor/Sensor der komplette Verarbeitungsprozeß von der ersten Berührung mit dem flüssigen oder streichfähigen Material über dessen Aushärtung bis zu einer Bauteilüberwachung im Betrieb mit nur diesem einen Aktor/Sensor ermöglicht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauform des Aktor/Sensors sowohl flächig als auch als Biegewandler ausgeführt sein kann.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor/Sensor vorzugsweise aus piezoelektrisch aktivem Material besteht.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktor/Sensor vorteilhaft in dem Frequenzbereich seiner Resonanzfrequenz, also dem Bereich großer Amplitudenänderung betrieben wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Auswertung der Signale des Aktor/Sensors dessen Frequenzspektrum betrachtet wird.

35

40

45

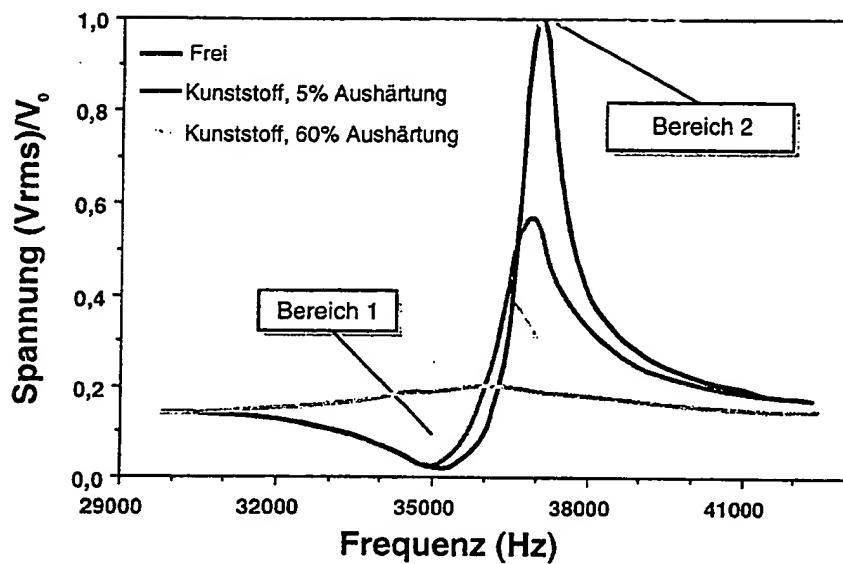
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

50

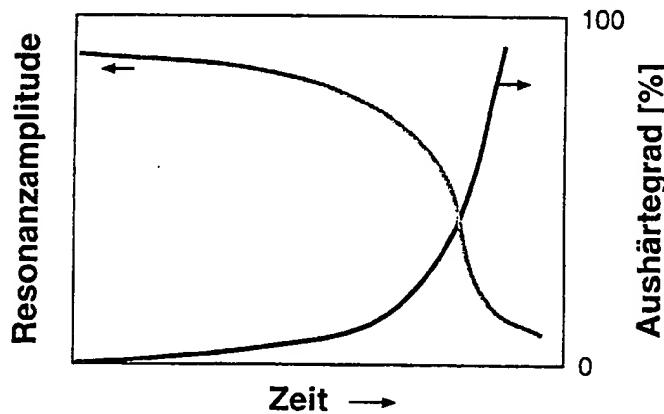
55

60

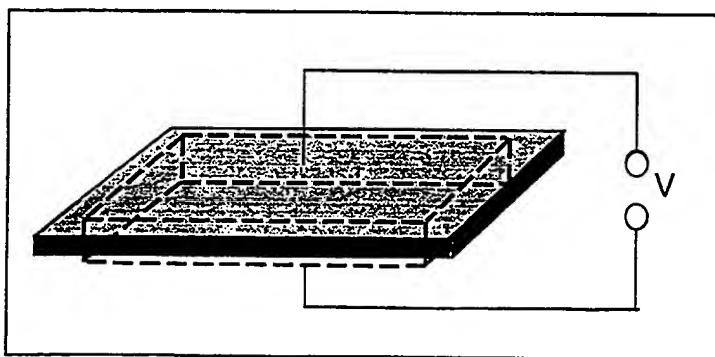
65



Figur 1: Frequenzantwort eines flächigen piezoelektrischen Wandlers frei und in duromerem Kunststoff bei unterschiedlichem Aushärtungsgrad



Figur 2: Schematische Darstellung der Resonanzamplitude abhängig vom Aushärtungsgrad



Figur 3: Schematische Darstellung der Formänderung eines piezoelektrischen Materials im Aktorbetrieb